

## LES MOUVEMENTS DES MITOCHONDRIES AU COURS DES PREMIÈRES DIVISIONS DE SEGMENTATION DE L'ŒUF D'ARTEMIA SALINA

par N. FAUTREZ-FIRLEFYN.

(Université de Gand.

Laboratoire d'Anatomie humaine et d'Anatomie comparée.)

---

Il semble bien que les mitochondries jouent un rôle important dans les relations nucléo-cytoplasmiques. S'il se peut que par leur intermédiaire le noyau interphasique exerce son contrôle sur la croissance et la différenciation cellulaires, les rapports entre noyau et mitochondries sont moins évidents pendant la mitose. Il paraît même exister un certain antagonisme entre l'activité mitotique et le nombre des mitochondries. C'est ce qui ressort nettement des études récentes de l'école suédoise sur l'œuf d'Oursin.

AGRELL (1953, 1955) a étudié l'évolution du nombre des mitochondries au cours du cycle mitotique dans l'œuf d'Oursin en segmentation. On assiste à une nette diminution depuis la prophase jusqu'à la métaphase, suivie d'une augmentation qui se prolonge jusqu'à la prophase suivante. Le nombre des mitochondries est par conséquent le plus élevé au moment où le noyau est entouré de sa membrane nucléaire. L'auteur fait toutefois remarquer que cette fluctuation rythmique du nombre des mitochondries persiste lorsque l'on inhibe la mitose ainsi que la formation d'asters et d'un fuseau par l'œstradiol, ou dans des œufs où spontanément la membrane nucléaire ne se dissout pas. Un rythme moins intense mais réel existe dans l'œuf non fécondé; plus tard il sera simplement synchronisé avec les mitoses. Selon Agrell ce rythme dans la formation et la dissolution des mitochondries serait dépendant du cytoplasme et non des impulsions nucléaires.

Ces observations nous ont conduit à examiner de plus près le comportement des mitochondries au cours du cycle mitotique lors des deux premières divisions de segmentation de l'œuf d'*Artemia salina*.

Avant d'aborder cet examen nous voulons rappeler deux particularités de la mitose propres à l'œuf de certains Invertébrés, dont *Artemia* :

1° Les deux pronucléi ne fusionnent pas à la prophase de la première division de segmentation, mais donnent chacun un fuseau métaphasique (ARTOM, 1908).

2° Le fuseau, ou plutôt la partie médiane du fuseau est d'origine intranucléaire (GROSS, 1936).

De ce fait les déplacements des mitochondries qui sont le plus curieux durant toute la durée de la prophase, seront plus aisés à suivre pendant la deuxième mitose de segmentation. Les stades ultérieurs perdent de leur netteté par suite de l'interférence plus grande du vitellus, le plasme périnucléaire étant beaucoup plus réduit.

Disons dès le début qu'il nous a été impossible sur ce matériel de compter les mitochondries. L'examen *in vivo* est irréalisable sur ces œufs opaques. Sur les coupes sériées les mitochondries sont trop petites, trop nombreuses, trop tassées pour laisser quelque espoir d'arriver à des résultats, même approximatifs.

La technique la mieux adaptée à notre matériel pour la mise en évidence des mitochondries est celle de Baker pour la recherche des phospholipines. Les granules Baker positifs que l'on rencontre dans le plasme périnucléaire et, moins nombreux, entre les grains de vitellus et dans le plasme cortical sont bien des mitochondries. Ils sont noirs au contraste de phase et des examens préliminaires au microscope électronique ont suffi pour nous rassurer sur leur nature.

A l'intercinèse le noyau, légèrement ovoïde, est entouré de toutes parts, excepté dans la région dirigée vers la cloison entre les blastomères, d'un plasme périnucléaire bourré de petites mitochondries en granules ou fins bâtonnets (fig. 1). De nombreuses parmi elles sont intimement accolées à la membrane nucléaire en une couronne dense dans laquelle se trouve le centre cellulaire. Ce dernier est nettement positif au Baker; il contient cependant quelques centrioles négatifs et est hérissé de très fins bâtonnets également positifs. Les autres mitochondries sont distribuées régulièrement dans le plasma périnucléaire qui contient, en outre, des granules constitués par des glycoprotéines et de plus fins éléments dans lesquels on retrouve des ribonucléoprotéines et des protéines sulfhydrilées (J. FAUTREZ et N. FAUTREZ-FIRLEFYN, 1957-59). On y découvre également, irrégulièrement disposés, quelques gros granules à structure complexe et que carac-

térise un caractère chromotrope intense, mis en évidence par la coloration au bleu de toluidine. Nous espérons leur consacrer un travail ultérieur. Remarquons toutefois dès à présent que ces granules sont positifs au Baker mais le restent après extraction à la pyridine : il ne s'agit donc pas de phospholipines à ce niveau.

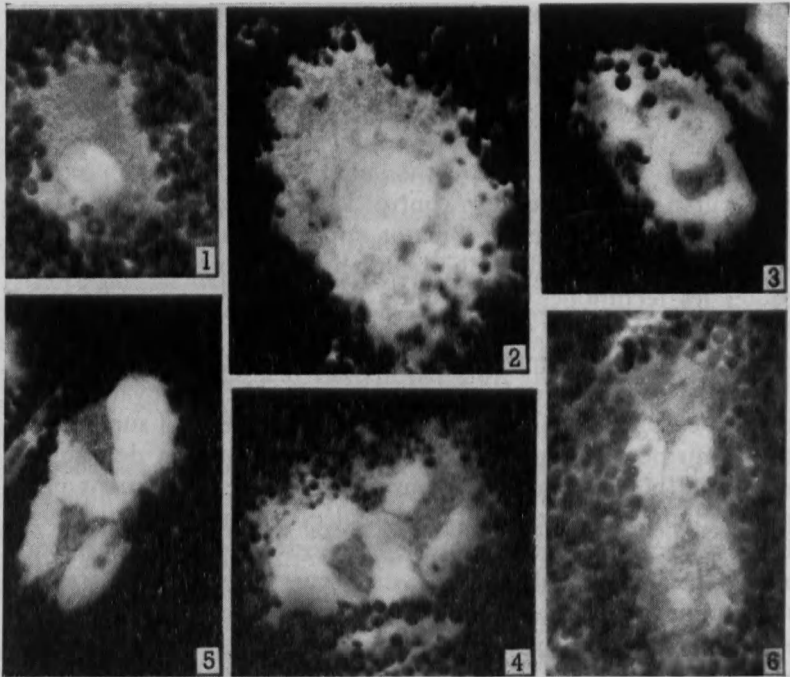
Tout au début de la prophase, dès l'apparition des premiers filaments chromosomiaux contre la membrane nucléaire, le noyau gonfle légèrement. Bientôt apparaissent par bourgeonnement de sa surface des sphères hyalines restant incolores après toutes les techniques cytologiques et cytochimiques utilisées. A la méthode de Baker elles tranchent nettement sur les mitochondries noires qui les entourent contre la surface nucléaire (fig. 2).

Au fur et à mesure que la prophase s'établit, le noyau devient de plus en plus flasque. Ce changement de la tension superficielle du noyau peut être causé d'une part par l'expulsion de matériel nucléaire (boules hyalines), d'autre part par le constituant phospholipidique des mitochondries accolées intimement à la membrane nucléaire. Il est connu que les grosses molécules que représentent les phospholipines ne diffusent jamais à travers une membrane mais occasionnent un net abaissement de sa tension superficielle. A ce moment les mitochondries vont se grouper aux pôles du noyau. Nombreuses sont les coupes de ce stade qui montrent un noyau lobulé coiffé de deux calottes de mitochondries, au sein desquelles se retrouvent les centres (fig. 3). Néanmoins quelques éléments mitochondriaux adhèrent encore à la membrane nucléaire dans la région équatoriale.

Le noyau continue à s'aplatir entre ces deux amas de mitochondries. Ces dernières ont tendance à s'éloigner de plus en plus : ces deux « calottes » s'amincissent et s'étirent. La base des cônes, ainsi formés, se trouve en contact direct avec le noyau tandis que le sommet se situe au-delà du centre (fig. 4).

Vers la fin de la prophase ce cône s'amincit de plus en plus à sa base de façon à former comme un couloir mince, entre des amas granuleux incolores au Baker (fig. 5). Ces derniers sont formés par des glycoprotéines, des ribonucléoprotéines et des protéines sulfhydrilées.

A la pro-métaphase et à la métaphase ce mince couloir se divise en plusieurs branches, comme un jet de fontaine, dans la partie du plasme périnucléaire située au-delà du centre. Les branches inférieures, souvent recourbées, englobent dans leur creux les autres éléments granuleux du plasme périnucléaire. Toutes ces branches, qui s'étendent jusqu'à la limite du vitellus, restent reliées



#### LEGENDE DE LA PLANCHE.

Toutes les figures représentent des fragments de coupes d'œufs au stade II et traités suivant la technique de Baker pour la recherche des phospholipines.

FIG. 1. — Noyau au début de l'intercinèse entouré de toutes parts, — sa face dirigée vers le centre de l'œuf exceptée, — par de fines mitochondries.

FIG. 2. — Noyau au début de la prophase. La coupe est dans un plan parallèle à la cloison entre les deux blastomères. Le noyau gonflé est entouré d'une couronne de « sphères hyalines ». Le plasme périnucléaire est rempli de mitochondries entre lesquelles nous distinguons les granules chromotropes.

FIG. 3. — Noyau prophasique. Les mitochondries du plasme périnucléaire se groupent en « calotte » aux pôles du noyau. Dans la calotte dirigée vers le bas on aperçoit le centre. D'autres mitochondries sont visibles entre les plaquettes vitellines à la périphérie du plasme périnucléaire.

FIG. 4 et 5. — Noyau au stade prophase avancée. Les « cônes » et les couloirs de mitochondries séparent des amas granuleux incolores au Baker. Certaines mitochondries restent accolées à la membrane nucléaire, dont la tension superficielle s'est fortement modifiée au cours de la prophase. Le noyau est flasque et aplati en disque irrégulier entre les deux pôles.

FIG. 6. — Fuseau métaphasique. La mise au point a été faite sur le tronc de l'image en « jet de fontaine » dessinée par les mitochondries. Ce tronc part du pôle du fuseau (que l'on soupçonne, quoiqu'il ne soit pas au point dans le plan optique de la photo). Plus loin les mitochondries s'éparpillent en plusieurs branches au-delà du centre. Des amas de granules incolores sont contournés par les branches inférieures.

entre elles par un petit tronc commun qui, à la métaphase, rejoint le fuseau (fig. 6).

A l'exception des granules chromatropes, qui se retrouvent toujours dans les endroits à mitochondries, les autres éléments du plasmе périnucléaire se trouvent tout autant dans les plages à mitochondries qu'entre ces dernières; en effet, des colorations qui les mettent en évidence ne montrent aucune trace en négatif de la coulée mitochondriale.

A l'anaphase et à la télophase les mitochondries se regroupent d'une manière plus homogène à la partie périphérique de la figure astérienne. Lorsque celle-ci s'efface elles viennent se replacer autour du noyau reconstitué et c'est l'image de l'interphase qui se reforme.

Les observations que nous venons d'exposer ne permettent pas de révéler au cours de la mitose des modifications ni dans le nombre de mitochondries, comme celles qui furent décrites dans l'œuf d'Oursin, ni dans leur forme, comme c'est le cas dans les cultures de tissus (CHÈVREMENT et FRÉDÉRIC, 1951). CHÈVREMENT et FRÉDÉRIC font également remarquer que les mitochondries s'éloignent du noyau en mitose et se regroupent ensuite, en présentant souvent une condensation plus forte contre la membrane nucléaire. Ces dernières observations concordent avec celles que nous avons faites sur notre matériel.

Le rythme de ces déplacements semble jusqu'à un certain point dirigé par les centres cellulaires, et dépendre par conséquent du cytoplasme tout comme le fait remarquer AGRELL dans l'œuf d'Oursin. D'ailleurs, le fait de la persistance de la membrane nucléaire chez *Artémia*, correspond à la situation expérimentalement obtenue par ce dernier auteur et qui lui permet de suggérer, que le rythme mitochondrial serait beaucoup plus dépendant de l'activité cytoplasmique que de celle du noyau.

Il semblerait d'ailleurs que la dissolution de la membrane nucléaire aurait moins d'importance qu'on pourrait le croire à première vue. FRÉDÉRIC (comm. pers.) nous a fait remarquer que dans les mitoses dans les cultures de tissus, lors de la dissolution de la membrane nucléaire il persisterait comme une barrière naturelle entre le contenu nucléaire et le cytoplasme environnant. Ceci reviendrait à dire qu'il n'existerait pas de grande différence entre la formation d'un fuseau métaphasique intranucléaire et celle d'un fuseau normal.

## BIBLIOGRAPHIE.

- AGRELL, I. — *Ark. Zool.*, sér. 2, 6, n° 13, 1953.  
AGRELL, I. — *Exp. Cell Res.*, 8, 232-234, 1955.  
ARTOM, C. — *Biologica*, 1, 495-515, 1908.  
CHEVREMONT, M. et FREDERIC, J. — *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1245-7, 1951.  
FAUTREZ, J. et FAUTREZ-FIRLEFYN, N. — *Arch. Biol.*, 68, 249-296, 1957.  
FAUTREZ, J. et FAUTREZ-FIRLEFYN, N. — *Arch. Biol.*, 70, 133-152, 1959.  
FAUTREZ, J. et FAUTREZ-FIRLEFYN, N. — Sous presse.  
GROSS, F. — *Z. Zellforsch.*, 23, 522-565, 1936.